



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

SILNIČNÍ ŽELEZOBETONOVÝ MOST

REINFORCED CONCRETE ROAD BRIDGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Koumar

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN KOLÁČEK, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Koumar
Název	Silniční železobetonový most
Vedoucí práce	Ing. Jan Kolářek, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry

Základní normy:

ČSN 736201: Projektování mostních objektů

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady

Literatura: na základě doporučení vedoucího práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Z předběžného návrhu možných typů mostních konstrukcí preferujte železobetonovou mostní deskovou konstrukci o jednom poli. V práci se zaměřte především na návrh nosné konstrukce mostu. Dimenzování proveďte podle EN v rozsahu stanoveném vedoucím práce. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Podklady, studie a vizualizace

P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Jan Koláček, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je návrh silničního železobetonového mostu o jednom poli přes řeku Oskavu v obci Uničov. Most bude převádět silnici II/449 kategorie S 7,5/50. Byly vypracovány dvě tvarové varianty průřezu, z nichž byla pro návrh a posouzení nosné konstrukce vybrána plná deska s lichoběžníkovým průřezem a uvažovaným rozpětím mostu 14,00 m.

Vnitřní síly od působícího zatížení byly vypočteny na deskovém modelu v programu SCIA Engineer 18.1 a porovnány s ručním výpočtem na prutovém modelu metodou vzdorujících šířek.

Nosná konstrukce je dimenzována na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

Deskový silniční most, železobeton, jedno pole, prutový model statický výpočet, modely zatížení, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

ABSTRACT

The subject of this bachelor's thesis is the design of a reinforced concrete road bridge with one span over the river Oskava in the village Uničov. The bridge will convert road II/449 category S 7,5/50. Two shape variants of the cross-section were designed, from which a slab with a trapezoidal cross-section and a considered span of the bridge of 14.00 m was selected for the design and assessment of the load-bearing structure.

The internal forces from the applied load were calculated on a slab model in SCIA Engineer 18.1 and compared with a manual calculation on a bar model using the method of resistive widths.

The load-bearing structure is dimensioned for the ultimate limit state and the serviceability limit state.

KEYWORDS

Slab road bridge, reinforced concrete, single span, beam model, structural design, load models, ultimate limit state, serviceability limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

KOUMAR, Jan. *Silniční železobetonový most*. Brno, 2020. 29 s., 144 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan KOLÁČEK, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 5. 6. 2020

Jan Koumar
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Janu Koláčkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky, ochotu a příkladné vedení bakalářské práce.

Dále děkuji přátelům, kteří mě podporovali a dávali užitečné rady a informace.

V Brně dne 5. 6. 2020

Jan Koumar
autor práce

OBSAH

1. ÚVOD.....	10
2. STUDIE NÁVRHU PŘEMOSTĚNÍ.....	11
2.1. VARIANTA „A“	11
2.2. VARIANTA „B“	11
2.3. ZHODNOCENÍ VARIANT PRŮŘEZŮ.....	12
3. VŠEOBECNÁ ČÁST	13
3.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE MOSTU.....	13
3.2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTU	13
4. MOSTNÍ OBJEKT, UMÍSTĚNÍ.....	14
4.1. CHARAKTERISTIKA PŘEVÁDĚNÉ KOMUNIKACE.....	14
4.2. ÚZEMNÍ PODMÍNKY	14
4.2.1. DOPRAVNÍ INTENZITA	15
4.2.2. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMÍNKY	15
5. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU	17
5.1. SPODNÍ STAVBA.....	17
5.2. ULOŽENÍ MOSTOVKY	17
5.3. MOSTNÍ ZÁVĚR.....	18
5.4. ŘÍMSY	18
5.5. VOZOVKA	18
5.6. ODVODNĚNÍ.....	18
5.7. MOSTNÍ VYBAVENÍ	19
5.7.1. SVODIDLA.....	19
5.7.2. ZÁBRADLÍ.....	19
5.8. NOSNÁ KONSTRUKCE	19
5.8.1. POUŽITÝ MATERIÁL.....	19

5.8.1.1. BETON	19
5.8.1.2. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	20
6. POSTUP VÝSTAVBY	20
7. STATICKÉ ŘEŠENÍ	21
7.1. ZATĚŽOVACÍ STAVY	21
7.2. KOMBINACE	21
7.3. VÝPOČTOVÉ MODEL Y	22
7.4. SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	23
8. ZÁVĚR	24
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	25
10. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	27
11. SEZNAM OBRÁZKŮ	28
12. SEZNAM TABULEK	28
13. SEZNAM PŘÍLOH	29
P1 PODKLADY, STUDIE, VIZUALIZACE	29
P2 PŘEHLEDNÉ A PODROBNÉ VÝSLEDKY	29
P3 STATICKÝ VÝPOČET	29

1. ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je návrh železobetonového mostu o jednom poli přes řeku Oskavu v obci Uničov, který bude převádět komunikaci II/449 kategorie S 7,5. Lokalita mostního objektu je zvolena tak, aby po zjednodušení odpovídala zadání bakalářské práce.

Jsou vypracovány dvě varianty příčného průřezu. Varianta s konstantním průřezem (obdélníkového tvaru) a lichoběžníkovým průřezem (s náběhy). Pro návrh a posouzení byla vybrána železobetonová monolitická plná deska s lichoběžníkovým průřezem.

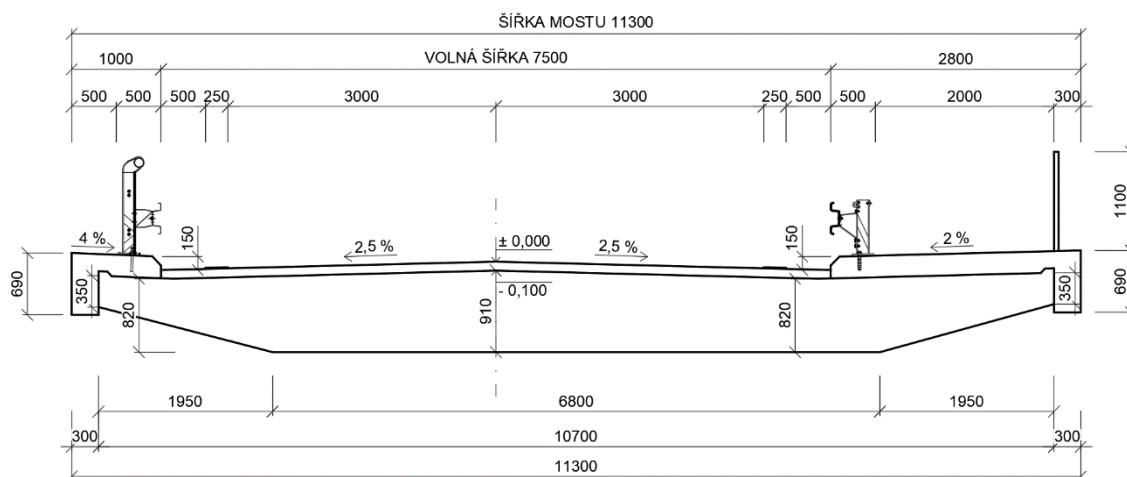
Nosná konstrukce je zatížena třemi modely zatížení (LM1, LM3, LM4) dle platné normy ČSN EN 1991-1-2 Zatížení mostu dopravou. Pro zjednodušení se neuvažují vodorovná zatížení.

Nosná konstrukce je posouzena nejprve na prutovém modelu metodou vzdorujících šířek a následně pro zpřesnění je vytvořen deskový model v programu SCIA Engineer 18.1. Výsledky jsou porovnány a dimenzování na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti vychází z výsledků na deskovém modelu.

2. STUDIE NÁVRHU PŘEMOSTĚNÍ

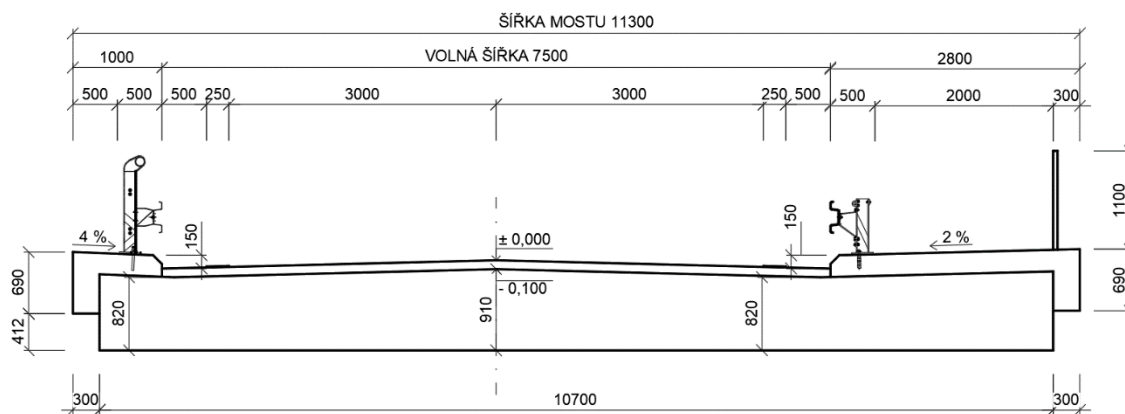
Pro odpovídající kategorii převáděné komunikace a dané rozpětí byly navrženy dvě varianty tvarů nosné konstrukce. V obou případech se jedná o plnou monolitickou železobetonovou desku s příčným oboustranným sklonem 2,5 %. Výška desky je 910 mm.

2.1. VARIANTA „A“



Obr. 1: Varianta č. 1 – lichoběžníkový průřez

2.2. VARIANTA „B“



Obr. 2: Varianta č. 2 – obdélníkový průřez

2.3. ZHODNOCENÍ VARIANT PRŮŘEZŮ

Pro návrh a posudek byl vybrán lichoběžníkový průřez, tedy varianta „A“. Ten umožňuje oproti obdélníkovému průřezu úsporu objemu betonu a množství výztuže, tedy je ekonomicky výhodnější. Působí rovněž estetičtějším dojmem. Jelikož se jedná o plnou monolitickou desku, má vysokou deskovou tuhost. Výhodou je i snadná údržba.

U varianty „B“ je výhodou jednoduchá výstavba, snadná údržba, tuhost. Nevýhodou je oproti variantě č. 1 vyšší cena a menší estetická přitažlivost.

3. VŠEOBECNÁ ČÁST

3.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE MOSTU

Název mostu:	Most přes řeku Oskavu
Evidenční číslo:	449-015
Předmět přemostění:	řeka Oskava
Pozemní komunikace:	II/449
Kategorie pozemní komunikace:	S 7,5
Staničení křížení:	1,660 16 km
Úhel křížení:	90 °
Katastrální území:	Dolní Sukolom (část obce Uničov)
Okres:	Olomouc
Kraj:	Olomoucký
Správce:	Správa silnic Olomouckého kraje

3.2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTU

Typ převáděné komunikace:	silniční most
Poloha mostovky:	horní
Plánovaná doba trvání:	trvalý
Průběh trasy na mostě:	přímá
Materiál:	železobeton
Statická funkce nosné konstrukce:	deskový most
Volná výška nad hladinou (Q_{100}):	3,30 m

Šířka mostu:	11,30 m	Délka NK:	15,00 m
Šířka NK:	10,70 m	Rozpětí mostu:	14,00 m
Volná šířka:	7,50 m	Počet polí:	1
Šířka levé římsy:	1,00 m	Šikmost mostu:	90 °
Šířka pravé římsy:	2,80 m	Sklon nivelety:	2,0 %
Délka mostu:	22,95 m	Příčný sklon:	2,5 %

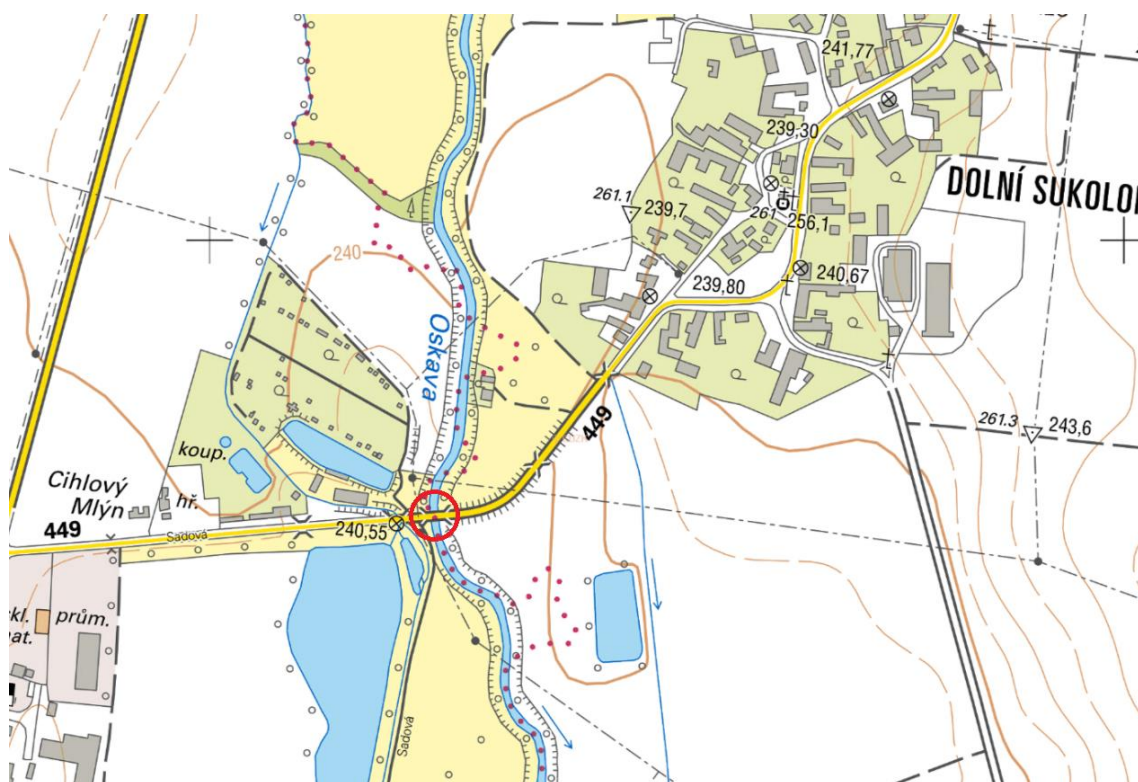
4. MOSTNÍ OBJEKT, UMÍSTĚNÍ

4.1. CHARAKTERISTIKA PŘEVÁDĚNÉ KOMUNIKACE

Most převádí komunikaci II/449 kategorie S 7,5/50 s klesajícím podélným sklonem nivelety 2,0 % ve směru staničení (k obci Dolní Sukolom) a s příčným oboustranným sklonem 2,5 %. Na povodní straně je navržen veřejný chodník s průchozím prostorem šířky 2,00 m a příčným sklonem 2,0 % směrem k vozovce. Tento prostor lemuje ocelové zábradlí z jedné, a svodidlo typu MS4-1 z druhé strany. Celková šířka římsy je 2,80 m. Na návodní straně je římsa šířky 1,00 m a příčným sklonem 4,0 % směrem k vozovce. Je opatřena zábradelním svodidlem typu ZSKLS.

4.2. ÚZEMNÍ PODMÍNKY

Mostní objekt se nachází v katastrálním území Dolní Sukolom, v části obce Uničov, v nadmořské výšce kolem 240 m n. m. Most překračuje v místě křížení 1,660 16 km a úhlem křížení 90 ° řeku Oskavu.



Obr. 3: Situace širších vztahů

4.2.1. DOPRAVNÍ INTENZITA

Dle celostátního sčítání dopravy 2016

Roční průměr denní intenzity všech vozidel:	1769 voz/den
Těžká nákladní vozidla (TNV_0):	209 voz/den
Návrhové období:	25 let
Koeficient růstu dopravy:	0 %
Průměrná hodnota denní intenzity:	$TNV_k = 0,5 \cdot (\delta_z + \delta_k) \cdot TNV_0$ $\delta_z = \delta_k = 1,0$ $TNV_k = 0,5 \cdot 2 \cdot 209$ $TNV_k = 209 \text{ voz/den}$
Třída dopravního zatížení:	IV

4.2.2. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMÍNKY

Geomorfologická provincie:	Západní Karpaty
Soustava:	Vněkarpatské sníženiny
Podsoustava:	Západní Vněkarpatské sníženiny
Celek:	Hornomoravský úval
Geneze:	fluviální nečleněné + sedimenty vodních nádrží
Hornina:	nivní sediment
Horninový typ:	sediment nezpevněný
Zrnitost nivního sedimentu:	hlína, písek, štěrk
Éra:	KENOZOIKUM
Útvar:	KVARTÉR
Oddělení:	holocén

Vrtná prozkoumanost:

V oblasti je poměrně rozsáhlá vrtá prozkoumanost.

Uvádím zde nejbližší vrty, vzdálené cca 200 m od místa prováděné stavby:

ID GDO:	302431
Druh objektu:	vrt svislý
Hloubka:	15 m
Nadmořská výška:	240 m n. m.
Zastižený kvartér:	15
Účel objektu:	hydrogeologický
Rok:	1964

ID GDO:	649993
Druh objektu:	vrt svislý
Hloubka:	5 m
Nadmořská výška:	238,5 m n. m.
Zastižený kvartér:	5
Účel objektu:	inženýrskogeologický
Rok:	2002

V blízkosti mostu se nenachází stavby, které by ovlivnily, nebo které by byly ovlivněny stavbou mostu. Nevedou zde inženýrské sítě, které by vyžadovaly v průběhu stavby překlad.

Nebyly zjištěny žádné svahové nestability.

5. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU

5.1. SPODNÍ STAVBA

Spodní stavba je na obou stranách tvořena masivní opěrou. Základ je z prostého betonu třídy C25/30–XF1 a je plošně založený na podkladním betonu třídy C12/15 tl. 100 mm., který je přetažen oproti konstrukci o 100 mm. S ohledem na omezení vlivu smršťování betonu a teplotních vlivů jsou dřík, úložný práh a závěrná zeď navrženy ze železobetonu, s použitím betonu třídy C30/37–XF2.

Úložný práh je vysoký 600 mm a jeho horní povrch je ve spádu 4,0 % směrem k závěrné zdi, aby byl zajištěn odtok prosáklé vody. V podélném směru je odtok zajištěn odtokovým kanálkem ve sklonu 1,0 %.

Základ opěr má půdorysné rozměry 1960x1480 mm a jeho výška je 600 mm. Horní povrch základu je ve spádu 4,0 % směrem do pole mostu.

Na zářezové straně (opěra č. 1 ve směru staničení) je navrženo rovnoběžné zavěšené mostní křídlo z železobetonu s betonem třídy C30/37–XF2. Na násypové straně (opěra č. 2 ve směru staničení) je navrženo rovnoběžné dilatované mostní křídlo z železobetonu s betonem třídy C30/37. Má samostatný základ z prostého betonu třídy C25/30 výšky 600 mm a je rovněž uložený na podkladním betonu tl. 100 mm.

Odvodnění opěr je zajištěno pomocí perforovaných flexibilních trubek Ø 180 mm. Drenáž je chráněná betonem C12/15 a vyústí do řeky Sázavy pomocí prostupů ve svahu.

Zpevnění svahů v oblasti mostního objektu je provedeno lomovým kamenem.

5.2. ULOŽENÍ MOSTOVKY

Nosná konstrukce je uložena na čtyřech elastomerových ložisek typu AEL-A, AEL-B, AEL-F, které leží na úložném prahu. Ložiska mají rozměry 400x500 mm, tloušťku 99 mm. Kotvící deska má rozměry 700x540 mm. Ložiska jsou navržena tak, aby přenášela veškeré silové účinky a nebránila volným deformacím nosné konstrukce.

5.3. MOSTNÍ ZÁVĚR

Je navržen elastický mostní závěr, tvořený ochrannou membránou a zálivkovou hmotou z asfaltového pojiva zpracovávanou na místě. Ta je adhezně spojena s podkladem a přilehlými vozovkovými vrstvami. Je umožněna dilatace až do 70 mm. Šířka závěru je 500 mm.

5.4. ŘÍMSY

Římsy na obou stranách jsou z monolitického betonu třídy C35/45–XF4. Tloušťka betonové vrstvy je 230 mm. Mezi betonovou vrstvou a nosnou konstrukcí se nachází izolace tl. 5 mm a ochrana izolace tl. 5 mm. Římsy jsou řešené jako nepojízdné s výškou obruby 150 mm.

Římsa na návodní straně je ve sklonu 4,0 % směrem ke komunikaci. Její šířka je 1000 mm. Římsa na povodní straně je ve sklonu 2,0 % směrem ke komunikaci. Její součástí je veřejný chodník. Šířka římsy je 2800 mm.

Římsy jsou spojeny s nosnou konstrukcí pomocí talířových kotev.

Římsy přesahují nosnou konstrukci o 300 mm.

5.5. VOZOVKA

Dle dopravní intenzity, spadá komunikace do třídy dopravního zatížení IV. Kryt vozovky je navržen jako netuhý a celková tloušťka souvrství je 100 mm.

Konstrukce vozovky:

Asfaltový beton pro obrušnou vrstvu ACO 11+, 50/70	50 mm
Spojovací postřik PSE–E	0,25 kg/m ²
Asfaltový beton pro ložní vrstvu ACL 16+, 50/70	40 mm
Spojovací postřik PSE–E	0,25 kg/m ²
Ochranná izolace AIP	10 mm

5.6. ODVODNĚNÍ

Kryt vozovky je odvodněn podélným sklonem 2,0 % a oboustranným příčným sklonem 2,5 %. Na zářezové straně je odtok vody zajištěn úpravou terénu a příkopovými tvárnicemi do koryta řeky. Dešťová voda je odváděna vyústěním do koryta

řeky pomocí odpadního potrubní DN200 z uličních vpustí, které jsou umístěny před a za mostem. Prosáklá voda přes ohrusnou a ložnou vrstvu je odvedena pomocí podélné drenáže, kterou tvoří hliníkový perforovaný profil 30x30 mm.

5.7. MOSTNÍ VYBAVENÍ

5.7.1. SVODIDLA

Na obou stranách mostu jsou navržena svodidla s úrovní zadržetí H2.

Na návodní straně je umístěno ocelové zábradelní svodidlo typu ZSKLS Na povodní straně je umístěno ocelové svodidlo typu MS4.

5.7.2. ZÁBRADLÍ

Ocelové mostní zábradlí je navrženo na povodní straně a slouží k ochraně chodců a cyklistů na veřejném chodníku. Jeho výška je minimálně 1100 mm. Výplň je svislá se světlým otvorem 115 mm.

5.8. NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce je navržena jako železobetonová monolitická deska lichoběžníkového průřezu s třídou betonu C35/45–XF3, XD3. Jedná se o prostý nosník o jednom poli s rozpětím 14,00 m. Délka přemostění je 12,99 m. Celková délka nosné konstrukce je 15,00 m. Maximální výška desky dosahuje 910 mm. Průměrná výška desky je 858 mm. Je vyztužena betonářskou výztuží B500B.

Nosná konstrukce je osazena na čtyřech elastomerových ložiskách, po dvou na každé straně, které jsou od sebe osově vzdáleny 5,90 m.

5.8.1. POUŽITÝ MATERIÁL

5.8.1.1. BETON

Pevnostní třída:	C35/45
Vliv prostředí:	XF3, XD3
Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu:	$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$
	$f_{ctk;0,05} = 2,2 \text{ MPa}$

Modul pružnosti:	$E_{cm} = 34 \text{ GPa}$
Přetvoření betonu:	$\varepsilon_{cu3} = 3,50 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2} = 2,00 \text{ ‰}$
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_c = 1,50$ $\alpha_{cc} = 0,90$
Návrhová pevnost betonu v tlaku:	21 MPa

5.8.1.2. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

Druh oceli:	B500B
Mez kluzu:	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Modul pružnosti:	$E_s = 200 \text{ GPa}$
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_s = 1,15$
Návrhová mez kluzu:	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
Poměrné přetvoření na mezi kluz:	$\varepsilon_{yd} = 2,174 \text{ ‰}$

6. POSTUP VÝSTAVBY

- 1) Příprava území – povolení uzavírky, projednání objízdných tras, demolice původní konstrukce, skrývka, přesun a uložení ornice
- 2) Zemní práce a plošné založení mostu
- 3) Realizace spodní stavby, kanalizace, drenáže
- 4) Realizace nosné konstrukce
- 5) Dosypání a hutnění přechodové oblasti
- 6) Konstrukční vrstvy vozovky, římsy
- 7) Osazení mostních závěrů
- 8) Dokončovací práce – svislé a vodorovné značení, instalace záchytného systému, vegetační úpravy, odstranění dočasných konstrukcí, rekultivace dočasného záboru, zajištění zkoušek/posudků

7. STATICKÉ ŘEŠENÍ

7.1. ZATĚŽOVACÍ STAVY

Vozovka kategorie S 7,5 je rozdělena do tří zatěžovacích pruhů. Dvou celých se šířkou $w_{l,1} = w_{l,2} = 3,0$ m a do zbývajcího se šířkou $w_{l,z} = 1,5$ m. Zatěžovací pruhy jsou umístěny tak, aby působící síly vyvolaly maximální účinky.

Nosná konstrukce je kromě vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení ještě zatížená třemi modely zatížení (LM1, LM3, LM4) dle platné normy ČSN EN 1991-1-2 Zatížení mostu dopravou. Pro zjednodušení se neuvažují vodorovná zatížení.

7.2. KOMBINACE

Byla provedena charakteristická, častá a kvazistálá kombinace pro mezní stav použitelnosti a následně byly ověřeny podmínky pro omezení napětí, omezení trhlin a omezení průhybu.

Pro mezní stav únosnosti byly provedeny kombinace 6.10a a 6.10b. Z nich se vybrala rozhodující kombinace 6.10b obsahující zatížení od vlastní tíhy, ostatního stálého zatížení a od sestavy gr1a. Sestava gr1a (LM1) se skládá ze dvou dílčích soustav, a to:

a) Soustředěné zatížení od dvounápravy (TS), kde v pruhu č. 1 vyvozovala jedna náprava sílu 300 kN a v pruhu č. 2 sílu 200 kN. Ve zbývajícím pruhu se zatížení neuvažovalo.

b) Rovnoměrné zatížení (UDL), které v pruhu č. 1 vyvozovalo sílu 9 kN/m, v pruhu č. 2 6 kN/m a v pruhu č. 3 sílu 3 kN/m

Na tuto kombinaci se navrhovala betonářská výztuž na únosnost v ohybu a ve smyku. Výpočty jsou řešeny v samostatné příloze P.3 STATICKÝ VÝPOČET.

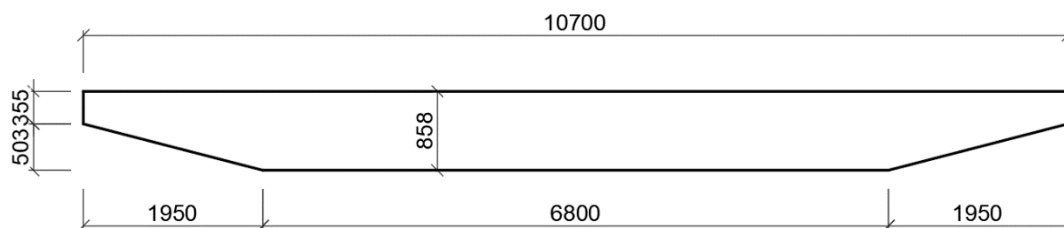
7.3. VÝPOČTOVÉ MODELY

V bakalářské práci byly sestaveny dva statické modely.

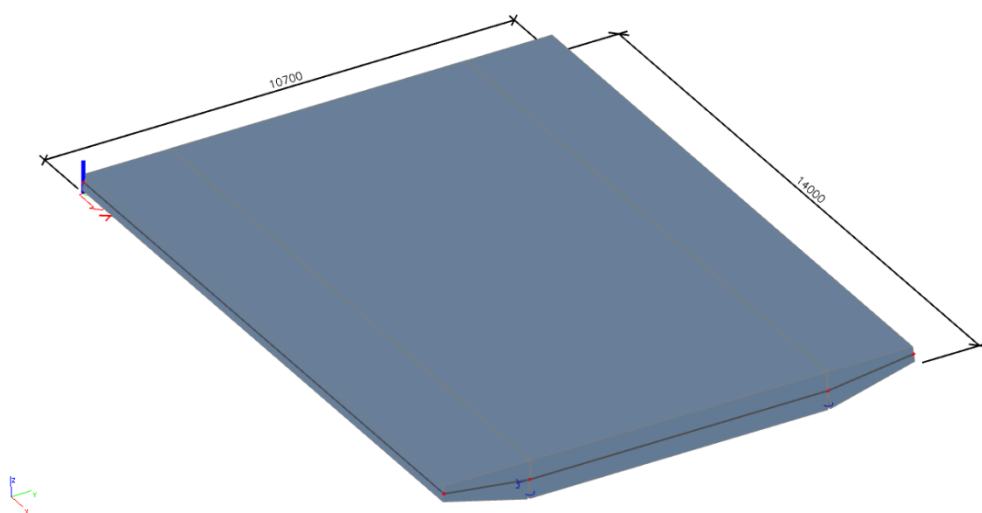
Nejprve byl proveden zjednodušený ruční výpočet na prutovém modelu metodou vzdorujících šířek. Podle daných pravidel se stanoví největší ohybové namáhání pruhu desky o šířce 1 m v podélném směru. Ohybové namáhání a účinky kroucení se zvláště nepočítají. Pro zjednodušení se vychází z toho, že mostní deska je uložena pouze na protilehlých stranách a zbývající dvě strany jsou volné okraje. Výsledky na prutovém modelu slouží k porovnání s výsledky na deskovém modelu.

Výpočtový deskový model byl proveden v programu SCIA Engineer 18.1. Oproti skutečnému průřezu je výpočtový model zjednodušen. Horní hrana průřezu je rovná při zachování stejné plochy průřezu. Konstrukce je modelována v pravoúhlé obecné soustavě souřadnic x, y, z . Délka desky je 14,00 m ve směru osy x , šířka desky je 10,70 m ve směru osy y . Kladná poloosa z směřuje nahoru.

Podrobné výpočty jsou řešeny v samostatné příloze P.3 STATICKÝ VÝPOČET.



Obr. 4: Zjednodušený průřez pro výpočtový model



Obr. 5: Axonometrický pohled na deskový výpočtový model

7.4. SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

Tabulka 1: Porovnání momentů od jednotlivých zatěžovacích stavů:

ZATÍŽENÍ	SESTAVA ZATÍŽENÍ	RUČNÍ VÝPOČET PRUTOVÝ MODEL	SCIA ENGINEER 18.1 DESKOVÝ MODEL	ROZDÍL
		M [kNm]	M [kNm/m]	[%]
Vlastní tíha - g_{0k}	stálé zatížení	469,18	570,16	17,71
Svršek mostu - $g_{1k,sup}$		124,71	156,45	20,29
TS - LM1	gr1a	383,51	449,60	14,70
UDL - LM1		145,99	156,00	6,42
Chodci - LM1		33,81	23,58	-43,38
Dav lidí - LM4	gr4	122,50	133,57	8,29
Zvláštní vozidlo - LM3	gr5	473,67	516,33	8,26

Tabulka 2: Porovnání momentů od rozhodujících kombinací:

KOMBINACE	SESTAVA	RUČNÍ VÝPOČET PRUTOVÝ MODEL	SCIA ENGINEER 18.1 DESKOVÝ MODEL	ROZDÍL
		M [kNm]	M [kNm/m]	[%]
MSP - charakteristická	gr1a	1157,20	1326,67	12,77
MSP - častá		953,44	1116,21	14,58
MSP - kvazistálá		593,89	717,81	17,26
MSÚ - 6.10b)		1441,96	1658,18	13,04

8. ZÁVĚR

V rámci bakalářské práce byl řešen silniční železobetonový most o jednom poli převádějící komunikaci kategorie S 7,5/50. Ze dvou tvarových variant průřezu byl vybrán pro další řešení lichoběžníkový průřez

Byly zhotoveny dva výpočtové modely – zjednodušený prutový a deskový model. Most byl zatížen kromě vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení ještě třemi zatěžovacími modely – LM1, LM2, LM3 dle platné normy ČSN EN 1991-1-2 Zatížení mostu dopravou. Vodorovné zatížení od účinků dopravy, větru, teploty nebylo uvažováno.

Vnitřní síly od působícího zatížení na deskový model byly vypočteny v programu SCIA Engineer 18.1 v obecné pravoúhlé soustavě souřadnic x, y, z . Výsledky na deskovém modelu byly porovnány s výsledky na prutovém modelu. Mezi výsledky byly očekávány rozdíly, neboť metoda vzdorujících šířek při řešení na prutovém modelu je pouze zjednodušená metoda, která neuvažuje vliv kroucení a uvažuje liniové podepření.

Pro mezní stav použitelnosti byla provedena charakteristická, častá a kvazistálá kombinace a následně byly ověřeny podmínky pro omezení napětí, omezení trhlin a omezení průhybu. Konstrukce na limitní průhyb $w_{\max} = 40 \text{ mm}$ nevyhověla, proto muselo být navrženo nadvýšení $v_1 = 25 \text{ mm}$.

Pro mezní stav únosnosti byly provedeny kombinace 6.10a a 6.10b. Z nich se vybrala rozhodující kombinace 6.10b obsahující zatížení od vlastní tíhy, ostatního stálého zatížení a od sestavy gr1a. Na tuto kombinaci se následně dimenzovala výztuž na únosnost v ohybu a ve smyku.

Za materiály byl použit beton třídy C35/45 a betonářská výztuž B500B. Návrhová životnost hlavní nosné konstrukce je stanovena na 100 let.

Statický výpočet na deskovém modelu je proveden v programu založeném na MKP SCIA Engineer 18.1. Podrobné a přehledné výkresy v příloze P.3 jsou zpracovány v programu AutoCAD 2019. Vizualizace je provedena v programu SketchUp 2017 a Lumion 10.3.2 Student.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NEČAS, Radim, Jan KOLÁČEK a Josef PANÁČEK. BL12 - Betonové mosty I: zásady navrhování. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. Studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. ISBN 978-80-214-4979-4.
- [2] JESCH, David. Monolitická železobetonová konstrukce administrativní budovy [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/129172/JES0014_FAST_N3607_3607T037_2017.pdf?sequence=1. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Martina Šmíráková, Ph.D.
- [3] Katalóg výrobkov [online]. Praha: PEIKKO CZECH REPUBLIC, 2019 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: http://soubory.obalovny.cz/BS.cz/Sortiment/KATALOG_PEIKKKO_2019_SK.pdf
- [4] Elastomerová stavební ložiska [online]. Praha: SVP MOSTY, 2014 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: https://www.svp-mosty.cz/wp-content/uploads/2015/12/Katalog_elastomer.pdf
- [5] ELASTICKÉ A PODPOVRCHOVÉ DILATAČNÍ MOSTNÍ ZÁVĚRY [online]. Brno: FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://www.firesta.cz/povrchove-a-podpovrchove-dilatacni-mostni-zavery>
- [6] ŠTĚPÁNEK, Petr, Ivailo TERZIJSKI, Ivana LANÍKOVÁ, Josef PANÁČEK a Petr ŠIMŮNEK. Prvky betonových konstrukcí: Výukové texty, příklady a pomůcky. Brno: VUT Fakulta stavební, 2017.
- [7] DAŠEK, Ondřej. Navrhování vozovek podle katalogu: Zatížení dopravou. Brno.
- [8] CELOSTÁTNÍ SČÍTÁNÍ DOPRAVY 2016. ŘSD ČR [online]. Praha: Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2020 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/default.aspx>

- [9] ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI, 2005.
- [10] PANÁČEK, Josef. BETONOVÉ MOSTY 1: MODUL M03 SPODNÍ STAVBA A PŘÍSLUŠENSTVÍ MOSTNÍCH OBJEKTŮ. Brno: VUT Fakulta stavební, 2006. Dostupné také z:
http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BL12-Betonove_mosty/BL12-Betonove_mosty_I--M03-Spodni_stavba_a_prislusenstvi_mostnich_objektu.pdf
- [11] Geoportál ČÚZK: Geoprohlížeč. Praha, 2010. Dostupné také z:
<https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [12] Postup přípravy a výstavby silnic a dálnic: Postup výstavby silnic a dálnic. Ministerstvo dopravy ČR [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2020, 2019 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z:
https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Pozemni-komunikace/Postup-vystavby-silnic-a-dalnic/postup_vystavby.pdf.aspx
- [13] NAVRHOVÁNÍ NA MEZNÍ STAV PORUŠENÍ PROTLAČENÍM [online]. Praha: BETON TKS, 2011, 2011(5) [cit. 2020-06-05]. Dostupné z:
http://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-5-66_1.pdf
- [14] Technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob: Poruchové oblasti železobetonových konstrukcí. PROFESIS [online]. ČKAIT, 2020, 2015 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z:
<https://www.protesis.cz/parser/go/4c7a692f314e32397039516d54794e356d74714a7459365274444c364d6a486e42516c584833646850534a7a4f513237757a6d2b6f39306132654b426d576849>
- [15] Mostní svodidlo MS4/H2. Svodidla OMO [online]. STAVBY OMO, 2020 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <http://www.svodidla-omo.cz/cz/svodidlo-ms4-h2>
- [16] KOLÁČEK, Jan. Pomůcka č.5 – Podklady pro mezní stav použitelnosti (pro zadání č.1) [online]. Brno: VUT Fakulta stavební [cit. 2020-06-05]. Dostupné z:
https://www.fce.vutbr.cz/BZK/kolacek.j/_podklady/BL12_podklad_05.pdf

- [17] Úloha 2 - Lokálně podepřená deska. Praha: ČVUT Fakulta stavební. Dostupné také z: <http://people.fsv.cvut.cz/www/foglamar/Download/RBZS/RBZS-uloha2-postup.pdf>
- [18] Vrtná prozkoumanost, Geologická mapa 1 : 50 000. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [19] Geovědní mapy, Geologická mapa 1 : 50 000. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [20] Svahové nestability, Geologická mapa 1 : 50 000. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [21] Hornomoravský úval. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hornomoravsk%C3%BD_%C3%BAval

10. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

SYMBOL	VÝZNAM	JEDNOTKA
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku, válec	MPa
$f_{ck,cube}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku, krychle	MPa
$C f_{ck}/f_{ck,cube}$	pevnostní třída betonu	MPa
X_{Fn}, X_{Dn}	označení vlivu prostředí	-
f_{ctm}	charakteristická střední pevnost betonu v tahu	MPa
$f_{ctk;0,05}$	charakter. pevnost betonu v tahu, 5% kvantil	MPa
E_{cm}	střední modul pružnosti betonu	GPa
$\varepsilon_{cu3}, \varepsilon_{c2}$	mezní přetvoření betonu	‰
γ_c, α_{cc}	součinitele spolehlivosti betonu	-
B500B	typ betonářské oceli	-
f_{yk}	mez kluzu oceli	MPa

f_{yd}	návrhová mez kluzu oceli	GPa
E_s	modul pružnosti oceli	GPa
γ_s	součinitel spolehlivosti oceli	-
ε_{yd}	poměrné přetvoření oceli na mezi kluzu	‰
\emptyset, DN	průměr	mm
Q_{100}	stoletý průtok	m ³ /s
TNV	těžká nákladní vozidla	voz/hod
S 7,5/50	kategorie pozemní komunikace/návrh. rychlost	m/km/h

11. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Varianta č. 1 – lichoběžníkový průřez	11
Obr. 2: Varianta č. 2 – obdélníkový průřez	11
Obr. 3: Situace širších vztahů	14
Obr. 4: Zjednodušený průřez pro výpočtový model	22
Obr. 5: Axonometrický pohled na deskový výpočtový model	22

12. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání momentů od jednotlivých zatěžovacích stavů	24
Tabulka 2: Porovnání momentů od rozhodujících kombinací	24

13. SEZNAM PŘÍLOH

P1 PODKLADY, STUDIE, VIZUALIZACE

P1.1 GEOMETRIE TERÉNU	M 1:75, M 1:250	2xA4
P1.2 VARIANTA A	M 1:50, M 1:100	2xA4
P1.3 VARIANTA B	M 1:50, M 1:100	2xA4
P1.4 VIZUALIZACE Č. 1		2xA4
P1.5 VIZUALIZACE Č. 2		2xA4
P1.6 VIZUALIZACE Č. 3		2xA4

P2 PŘEHLEDNÉ A PODROBNÉ VÝSLEDKY

P2.1 SITUACE	M 1:100	5xA4+
P2.2 PODÉLNÝ ŘEZ A-A'	M 1:50	4xA4
P2.3 PŘÍČNÝ ŘEZ B-B'	M 1:50	4xA4
P2.4 PŘÍČNÝ ŘEZ C-C'	M 1:50	3xA4
P2.5 VÝKRES VÝZTUŽE	M 1:25	18xA4

P3 STATICKÝ VÝPOČET

P3 STATICKÝ VÝPOČET		98xA4
---------------------	--	-------